

РАЗВИТИЕ БЛОХ *PULEX IRRITANS* L., 1758
В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТА

С. И. Золотова и Б. М. Якунин

Среднеазиатский научно-исследовательский противочумный институт, Алма-Ата

В условиях эксперимента *P. irritans* проходят полный метаморфоз при температуре от 5 до 33° и относительной влажности воздуха 65—100%. Максимальный выход взрослых особей (61—74% от числа яиц) отмечен при температуре 25—26° и влажности 85—100%, минимальный — при температуре 5—7 и 32—33° и влажности 65—70%, который не превышал 20%. Сроки эмбрионального развития *P. irritans* в зависимости от условий внешней среды могут растягиваться от одного до 40 дней, сроки развития личинок составляют 3—52 дня, кокона — 4—63, а полный цикл развития проходит за 11—247 дней.

P. irritans встречается во многих странах земного шара, паразитируя на человеке и обитая в его жилище. Они не редко обнаруживаются на домашних животных (собаках, свиньях), весьма часто встречаются на хищниках (волках, лисицах, хорьках, барсуках), реже, на грызунах, за исключением сурков, на которых в отдельных районах составляют основную массу эктопаразитов (Иофф и Скалон, 1954). Этот вид одним из первых стал привлекать внимание экспериментаторов после установления причастности *P. irritans* к переносу чумы.

Проблема природной очаговости тесно связана с вопросами биологии носителей и переносчиков. Естественно, что параллельно изучению эпидемиологического значения *P. irritans* шло накопление данных и по их биологии. Выяснялись сроки жизни взрослых насекомых при различных условиях содержания, особенности питания и размножения имаго, характер развития преимагинальных фаз, собирались материалы по динамике численности вида (Vasot, 1914; Иофф и Покровская, 1929; Марьяна, 1929; Юркина, 1948; Колпакова и др., 1957, 1958; Hudson and Prince, 1958; Шатас, 1965; Боровский и др., 1963; Лапина и др., 1968, и др.).

Подробное знакомство с работами по биологии *P. irritans* показало, что авторы неоднократно возвращались к изучению характера метаморфоза этих насекомых. Это не случайно. Располагая сведениями об оптимальных и критических для развития блох условиях среды и данными об их размножении, можно составить прогноз численности эктопаразитов на ближайшее время и правильно организовать истребительные мероприятия против них. Следует, однако, отметить, что указанная выше литература содержит весьма отрывочную информацию о цикле развития *P. irritans*. Авторы сообщают преимущественно о характере развития преимагинальных фаз блох в оптимальных или близких к ним условиях и почти совсем не касаются пороговых температур и влажностей, относящихся к числу основных регуляторов численности насекомых. Нет также материалов о смертности особей в процессе развития блох от яйца до имаго и влияния на него различных факторов внешней среды. Отсутствие таких сведений в значительной степени затрудняет использование для практических целей полученные в эксперименте результаты.

Учитывая изложенное, мы поставили задачу выяснить гигротермические границы развития *P. irritans*, установить оптимальные и пессимальные для этого условия, уточнить сроки метаморфоза блох при различной температуре и влажности, определить смертность насекомых в каждой последующей фазе превращения и выход взрослых особей при соответствующих условиях внешней среды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В эксперименте использована лабораторная популяция *P. irritans*, в прошлом собранная из нор хищников и любезно переданная нам из института «Микроб».

В нашей лаборатории блох содержали в ящиках-инсектариях при температуре 20—23° и относительной влажности воздуха 85—90%, постоянно с животным-прокормителем — кроликом. Для получения яиц самок с хорошо просвечивающими сквозь хитин ооцитами отсаживали на несколько часов в химические стаканчики, закрытые сверху планктонной сеткой. После яйцекладки блох из стаканчиков извлекали, яйца подсчитывали, засыпали песком с примесью сухой крови и дрожжей и помещали в заданные условия опыта. Необходимых для опытов личинок отбирали непосредственно из инсектариев, коконы получали из отсаженных в оптимальные условия личинок. Ежедневно содержимое стаканчиков просматривали, регистрировали появление личинок, коконов и имаго. Наблюдения за метаморфозом блох проводили в девяти градациях температуры, в диапазоне от —5 до +35° и семи градациях относительной влажности воздуха, в диапазоне 35—100% (методика создания указанных условий подробно описана в работе Золотовой и Афанасьевой, 1969). Всего в опытах по изучению реакции преимагинальных фаз *P. irritans* на условия среды было использовано 38 различных сочетаний температуры и влажности. В каждое из них первоначально помещено по 100 яиц, из которых получали личинок, затем коконы и имаго, следовательно, прослеживалось количество особей, способных завершить полный метаморфоз при соответствующем гигротермическом режиме. В тех случаях, когда условия среды оказывались непригодными для фазы яйца, их непременно испытывали на фазу личинки и кокона, помещая при этом по 50 личинок II, III стадий и по 50 коконов различного срока образования и предварительного содержания в оптимальных условиях.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ

Установлено, что развитие *P. irritans* от яйца до имаго возможно в пределах температуры 5—33° и относительной влажности воздуха 65—100% (табл. 1, рис. 1). Оптимальной для развития преимагинальных фаз и выноса взрослых особей оказалась температура 22—26° при влажности воздуха 75—100%. В такой среде был отмечен наиболее высокий (40—74%) выход блох от числа яиц, взятых в опыт. Наименее благоприятны для метаморфоза *P. irritans* температуры 5—7 и 32—33° и влажность 65—70%. При 32—33° выход имаго не превышал 20% от числа взятых яиц, а при 5—7° он составил всего лишь 3.7—5.0%. Интересно отметить, что влажность воздуха 65—70% обеспечивала развитие блох преимущественно при оптимальных температурах, при менее благоприятных она вызывала гибель насекомых в фазе яйца и личинки. Температура ниже и 5 выше 33° лежит за пределами допустимой для развития данного вида. В этих условиях ни в одном случае не отмечалось перехода насекомых из одной фазы в другую.

Были поставлены также опыты по изучению влияния отрицательных температур на метаморфоз *P. irritans*. Установлено, что 2—3-суточное воздействие температуры —5° на любую фазу развития блох оказывается губительным для них.

Т а б л и ц а 1

Выплод имаго *P. irritans* в различных условиях среды

Температура (в °)	Относительная влажность воздуха (в %)				
	35—60	65—70	75—80	85—90	95—100
	получено имаго от числа яиц (в %)				
5—7	—	—	5.0	3.7	—
15—16	0	0	42.0	39.0	19.0
18—20	0	0	18.0	46.5	41.2
22—23	0	14.1	45.5	43.6	32.0
25—26	0	21.1	60.0	61.0	74.0
29—30	—	0	36.0	32.0	29.0
32—33	—	0	8.0	18.6	16.0
34—35	—	—	0	0	0

При анализе характера отмирания блох в процессе превращения от яйца до взрослого насекомого обращает внимание довольно высокая смертность преимагинальных фаз, даже при содержании их в оптимальных условиях среды. Только в одном случае полный цикл развития закончилось 74% особей (табл. 1), в подавляющем же большинстве это число составило всего лишь 40—60%. Полученные цифры значительно ниже цифр, характеризующих максимальный выход имаго у песчаночных блох рода *Xenopsylla* (Герасимова, 1966, 1969; Золотова и Афанасьева, 1969), у которых он достигал 90 и более процентов.

Наблюдая за гибелью *P. irritans* во время перехода из одной фазы в другую мы уловили некоторую равномерность этого процесса во всех фазах метаморфоза. Тем не менее представляется возможным выделить фазу кокона, как наиболее устойчивую к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды. Так, было установлено, что относительная влажность воздуха 35—60% в условиях оптимальной температуры (22—26°) вызывает гибель *P. irritans* в фазе яйца и личинки (см. рисунок), однако, не препятствует развитию имаго в коконах, предварительное формирование которых происходило при оптимальной влажности.¹ Шелковистое волокно кокона создает достаточно надежную изоляцию куколки, а в некоторых случаях и предкуколки от неблагоприятного воздействия низкой влажности обеспечивает завершение преимагинального развития и выход взрослых насекомых в более жестких условиях внешней среды. Из всех испытанных низких градаций влажности только влажность 35—40% оказалась губительной для развития имаго в коконах, срок образования которых не превышал 1—2 суток. Для более выдержанных в оптимальных условиях коконов она не оказывала отрицательного действия и выход имаго регистрировался в 85—90% случаев. Повышение влажности до 45—60% обеспечивало завершение развития блох в коконах независимо от срока формирования последних. Так, при влажности 45—50% среди коконов суточного возраста жизнеспособными оказались 14%, 2—4-дневные давали развитие имаго в 40—47% случаев, а из 6-дневных выход имаго достигал 90%. Еще более благоприятной для развития блох в коконах оказалась влажность 55—60%. В таких условиях коконы суточного возраста дали 51% имаго, а 3—4-дневные — все 100%.

Также губительной для фазы яйца и личинки, но благоприятной для развития блох в коконе, оказалась влажность воздуха 65—70% при температурах 29—33 и 5—7°.

Таким образом, при изучении реакции преимагинальных фаз *P. irritans* на условия низкой влажности была установлена довольно высокая

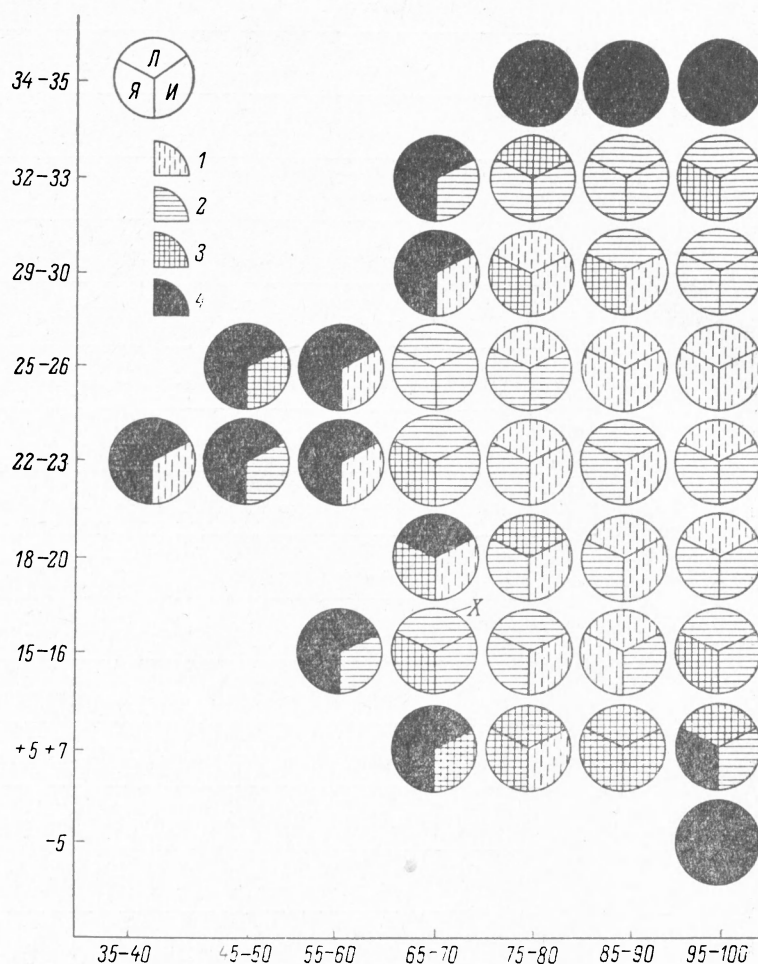
¹ Во всех случаях на рисунке даны результаты выхода имаго из коконов, которые предварительно в течение трех-шести суток выдерживались в оптимальных условиях.

Т а б л и ц а 2

Длительность развития *P. irritans* в зависимости от температуры и влажности (знак минус — развития нет)

Фазы развития	Продолжительность развития (в днях)	Температура (в °)																							
		5—7		15—16		18—20		22—23		25—26		29—30		32—33											
		Относительная влажность воздуха (в %)																							
		75—80	85—90	75—80	85—90	95—100	65—70	75—80	85—90	95—100	65—70	75—80	85—90	95—100	65—70	75—80	85—90	95—100	75—80	85—90	95—100	75—80	85—90	95—100	
Яйцо	{	Мин.	32	19	5	7	5	5	3	4	5	4	4	3	3	3	1	1	2	1	2	2	1	1	2
		Макс.	40	26	7	12	15	17	9	8	8	12	8	7	10	6	6	4	4	5	3	3	3	4	4
		Средн.	35.0	22.2	5.6	8.2	7.3	5.3	5.1	5.1	5.4	5.6	4.6	3.8	4.2	3.3	3.4	1.9	2.1	2.0	2.0	2.2	1.2	1.6	2.2
Личинка	{	Мин.	31	49	7	10	12	—	11	7	7	8	7	6	8	7	4	5	3	4	3	3	6	4	3
		Макс.	52	49	17	24	24	—	25	16	16	15	13	14	15	12	8	8	7	7	5	4	8	7	5
		Средн.	45.0	49.0	10.1	13.4	15.9	—	19.0	10.8	10.8	9.7	9.4	10.8	12.0	9.0	4.5	5.8	5.1	5.1	4.2	4.0	7.5	5.8	4.5
Кокон	{	Мин.	42	42	8	16	11	—	11	12	12	7	9	6	11	7	5	6	5	6	5	4	4	5	5
		Макс.	63	63	15	37	32	—	19	20	21	17	15	17	31	9	10	10	9	9	9	9	9	6	7
		Средн.	50.4	56.0	13.4	20.9	22.1	—	15.1	15.9	18.5	11.1	11.6	10.5	17.0	6.7	6.7	8.0	7.4	7.5	7.0	6.3	5.6	5.2	5.7
От яйца до имаго	{	Мин.	124	110	27	35	32	—	34	27	28	24	23	21	26	17	12	13	12	13	12	11	13	12	11
		Макс.	147	138	32	56	70	—	47	36	36	32	30	31	45	20	20	18	16	16	15	15	18	15	14
		Средн.	129.2	126.3	28.7	42.1	45.2	—	38.7	31.7	33.8	27.7	25.3	25.1	32.2	17.2	14.4	15.7	14.5	14.5	13.2	12.4	14.1	13.6	12.5

устойчивость вида к сухости среды. Полученные результаты подтверждают мнение Бэкот (Bacot, 1914) о способности данного вида сохраняться в условиях недостаточного увлажнения. Однако следует еще раз обратить внимание на то, что устойчивость *P. irritans* к низкой влажности, как, впрочем, и для многих других видов, проявляется лишь на самых последних ступенях развития насекомого (фаза кокона) и совершенно отсутствует в фазе яйца и личинки.



Влияние температуры и влажности на метаморфоз *Pulex irritans*.

По оси абсцисс — относительная влажность воздуха (в %); по оси ординат — температура (в °C). я — яйца; л — личинки; и — имаго; х — влажность воздуха 70—75%. 1 — свыше 80% развившихся; 2 — от 50 до 80% развившихся; 3 — менее 50% развившихся; 4 — смертность, равная 100%.

Используя достаточно широкий набор условий температуры и влажности при изучении особенностей метаморфоза блох, удалось установить, что сроки преимагинального развития изучаемого вида в основном зависят от температуры (табл. 2). Последовательное повышение температуры от 5 до 33° сокращает время, необходимое для развития насекомых в каждой фазе метаморфоза. Минимальный срок эмбрионального развития *P. irritans* наблюдался при температуре 32—33° и составил 1—2 дня, максимальный — 40 дней при температуре 5—7°. Сроки развития личинок колебались от трех до 52 дней, а время пребывания блох в фазе кокона составило 4—63 дня. Полный цикл развития *P. irritans* в зависимости от температуры растягивался от 11 до 147 дней. Средние сроки развития блох от яйца до имаго при температуре 5—7° равны 4 мес., при температуре 15—16° этот срок сокращается до 1—1½ мес. Дальнейшее повышение

температуры (22—23°) способствует сокращению средних сроков развития до 25—30 дней, а температура 25—33° обеспечивает полный метаморфоз за 2—2½ недели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

P. irritans обладает способностью развиваться от яйца до имаго в условиях широкого диапазона температуры среды (от 5 до 33°). В этом отношении они превосходят таких широко приспособленных к колебаниям температуры видов, как представители рода *Xenopsylla* (Золотова и Афанасьева, 1969; Герасимова, 1969). Расширение допустимого для развития *P. irritans* диапазона температур произошло за счет снижения нижнего порога развития, который оказался близким к 5°, тогда как у рода *Xenopsylla* он лежит в пределах 12—14°. Верхний порог развития *P. irritans* не отличается от такового у рода *Xenopsylla*. Способность *P. irritans* развиваться в условиях значительных колебаний температуры хорошо сочетается с биологическими особенностями вида, которые характеризуются необыкновенным широким распространением по территории, широким кругом хозяев и приспособлением к гигротермическому режиму жилья человека.

Потребность *P. irritans* к влажности среды не отличается от потребности у других видов и лежит в пределах от 65 до 100%. Тем не менее следует особо отметить фазу кокона, на которой указанный вид приобретает необычайно высокую устойчивость к сухости, способствующую завершению преимагинального развития даже при относительной влажности воздуха 35—40%.

Количество особей, развивающихся от яйца до взрослого насекомого, во многом зависит от температуры и влажности среды. Максимальный выход имаго наблюдался при температуре 22—26°, влажности 75—100% и составил 40—57% от числа яиц, взятых в опыт, минимальный — при температурах 5—7, 32—33° и относительной влажности 65—70%; выход не превышал 20%. В процессе метаморфоза происходит значительное отмирание неполовозрелых особей. Следовательно, далеко не из каждого отложенного самкой яйца происходит развитие имаго блох и чем дальше условия температуры и влажности отстоят от оптимума, тем меньше их выход.

Л и т е р а т у р а

- Б о р о в с к и й С. Г., Г р у ш е в с к а я С. П., К о т о в а Е. И., К у з ь м и н а А. И., У р а з а е в а А. А. и К у щ а н о в Б. 1963. Распространение и численность блох в населенных пунктах Каракалпакии. Матер. научн. конф. Среднеаз. н.-иссл. противочумн. инст., Алма-Ата : 47—49.
- Г е р а с и м о в а Н. Г. 1966. Метаморфоз блох *Xenopsylla skrjabini* Ioff, 1928 в связи с температурой и влажностью. Зоол. журн., 45 (3) : 400—405.
- Г е р а с и м о в а Н. Г. 1969. Гигротермические условия развития преимагинальных фаз двух видов блох большой песчанки. Паразитол., 3 (1) : 24—33.
- З о л о т о в а С. И. и А ф а н а с ь е в а О. В. 1969. К биологии *Xenopsylla gebilli* minax Jord., 1926. Паразитол., 3 (4) : 301—308.
- И о ф ф И. Г. и П о к р о в с к а я М. П. 1929. Опыты с блохами человеческого жилища как носителями чумной инфекции. Изв. Гос. Микробиол. инст., Ростов-на-Дону, (9) : 126—136.
- И о ф ф И. Г. и С к а л о н О. И. 1954. Определитель блох Восточной Сибири, Дальнего Востока и прилегающих районов. М. : 1—275.
- Л а п и н а Н. Ф., М е л е щ у к А. П., Ш а д и е в а Х. Г. и К о л п а к о в а С. А. 1968. Выживание блох *Pulex irritans* в полевых и экспериментальных условиях. В кн.: Грызуны и их эктопаразиты, Изд. Саратовск. унив.: 73—77.
- М а р ь и н а Ю. 1929. Наблюдения над жизнеспособностью блох домашних животных в лабораторных условиях. Изв. Гос. Микробиол. инст. Ростов-на-Дону (9) : 153—155.
- Ш а т а с Я. Ф. 1965. Биология некоторых видов блох в связи с их эпидемиологическим значением. В сб.: Эпидемиология и эпизоотология особо опасных инфекций : «Медицина», М. : 227—295.
- Ю р к и н а В. И. 1948. Наблюдения над биологией блох *P. irritans*. Тр. научн. конф., посвящ. 25-летнему юбилею инст. «Микроб», август 1944 г. : 235—245.

- B a c o t A. W. 1914. A study of the common rat fleas and other species associated with human habitations, with special reference to the influence of temperature and humidity at various periods of the life history of the insect. J. Hyg. Plague Supplem., III : 447—654.
- H u d s o n B. W. and P r i n c e F. M. 1958. Culture Methods for the fleas *Pulex simulans* Baker. Bull. Wld. Hlth. Org., 19 : 1129—1133.

THE DEVELOPMENT OF *PULEX IRRITANS* L., 1758 UNDER
EXPERIMENTAL CONDITIONS

S. I. Zolotova and B. M. Yakunin

S U M M A R Y

Under experimental conditions *P. irritans* undergoes complete metamorphosis at a temperature of 5 to 33° and relative air humidity from 65 to 100%. Maximum emergence of adults (16 to 74% of all eggs) was observed at 25—26° and humidity of 85 to 100%, minimal emergence occurred at 5 to 7°, 32 to 33° and humidity of 65 to 70%. The latter did not exceed 20%. Embryonal development, depending on environmental conditions, proceeds from one to 40 days, development of larvae — from three to 52 days and that of cocoon — from four to 63 days. The whole life cycle lasts from 11 to 147 days.
